EXPERTISES

AVRIL 2017

DEBITMETRIE BIOGAZ

Mesure des flux de biogaz sur les installations de méthanisation à la ferme et centralisées

GUIDE PRATIQUE

ADEME
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

REMERCIEMENTS

L'élaboration de ce document a bénéficié d'un comité de lecture composé de personnes expertes. L'ADEME et les auteurs tiennent chaleureusement à les remercier pour leurs remarques et apports constructifs :

- Adeline HAUMONT, AILE
- Mathieu EBERHARDT, RAEE
- Alain GUILLAUME, AAMF
- Nathalie PAUTREMAT (SCANAE), pour le Club biogaz - ATEE
- Paul MOUZAY (Agrikomp France), pour le Club biogaz - ATEE
- Marc-André THEOLEYRE, Ecole Centrale Paris
- Benjamin METZ, GRDF
- Fares BEN RAYANA, ENGIE LAB Crigen
- Isabelle HEBE, ADEME
- Julien THUAL, ADEME

Un grand merci également aux développeurs/constructeurs/exploitants d'installations de méthanisation, pour nous avoir communiqué leurs retours d'expériences sur leurs installations de mesure de débit de biogaz ; ces informations nous ont permis d'enrichir ce document.

Les auteurs tiennent également à remercier les fournisseurs de technologies pour leur avoir communiqué les documentations techniques et commerciales de leurs technologies de mesure des flux biogaz. *(cf. références bibliographiques*).

CITATION DE CE RAPPORT

P. POUECH, L. RIQUIER, B. DE GUILLEBON, ADEME. 2017. Mesure des flux de biogaz sur les installations à la ferme et centralisées. Guide pratique. 29 p.

Cet ouvrage est disponible en ligne www.ademe.fr/mediatheque

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME

20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : 16MAR000911

Étude réalisée par Philippe Pouech et Laurent Riquier , avec le support de Benoit de Guillebon pour ce projet financé par l'ADEME

Coordination technique - ADEME : THUAL Julien
Direction Économie Circulaire et Déchets /Service Mobilisation & Valorisation des Déchets

TABLE DES MATIERES

Résumé 4

1- Contexte et objectifs 5

2- Intérêts et contraintes liés à la mesure du débit biogaz 6

3- Les technologies disponibles pour mesurer un flux de biogaz sur une unité de méthanisation 8

a. Différents types de débitmètres 8

b. Fiches Technologie 10

i. Débitmètres de type déprimogène 10

ii. Débitmètre massique thermique 14

iii. Débitmètre à ultrasons 15

iv. Débitmètre Vortex 16

c. Proposition de comparatif entre les débitmètres biogaz 17

4- Installation d'un système de mesure de débit biogaz 18

a. Choix de l'emplacement de la mesure 18

b. Principaux éléments à prendre en compte dans l'installation d'un débitmètre 21

5- Maintenance d'un dispositif de comptage biogaz 25

a. Procédure de vérification par l'exploitant (autocontrôle) 25

b. Procédure de contrôle de l'équipement par une entreprise spécialisée 26

6- Conclusion 27

Références bibliographiques 28

Résumé

Depuis 2012, on a recensé environ 70 mises en service par an d'installations de méthanisation à la ferme et centralisées. Les suivis réalisés par l'ADEME ces dernières années montrent que ces installations affichent des performances correctes mais pouvant être significativement améliorées. Parmi ces améliorations, figure en bonne place une meilleure instrumentation des installations pour faciliter le pilotage des unités. C'est en particulier vrai pour la mesure du débit du biogaz, pourtant indispensable pour le suivi des performances.

Afin d'aider d'une part les exploitants (existants et futurs) dans le pilotage de leurs unités et d'autre part harmoniser les besoins en métrologie de la filière (évaluation des performances, retour d'expérience, bilan de fonctionnement…), l'ADEME a souhaité produire un guide pratique sur la mesure du débit de biogaz dans les installations de méthanisation.

Ce guide présente les différentes solutions de comptage du biogaz adaptées à des installations de méthanisation à la ferme ou centralisées : débitmètres de type déprimogène, débitmètres massique thermique, débitmètres à ultrasons, débitmètres vortex.
Il analyse les avantages et inconvénients respectifs de chacune des technologies afin de guider le choix des exploitants.
Il formule ensuite des recommandations sur les précautions de mise en œuvre et les bonnes pratiques de suivi et de maintenance.

ABSTRACT

Since 2012, there have been about 70 commissioning per year of on-farm and centralized anaerobic digestion facilities. The follow-up carried out by the ADEME in recent years shows that these facilities show performances that can be significantly improved. These improvements include a better instrumentation of the installations to facilitate the monitoring of the units. This is particularly true for measuring the flow of biogas, which is essential for monitoring performance.

In order to help the operators (existing and future) in the management of their facilities and to harmonize the metrology needs of the sector (performance evaluation, feedback, operating balance, etc.) ADEME wished to produce a practical guide on the measurement of biogas flow in anaerobic digestion plants.

This guide presents the various biogas flow metering solutions suitable for on-farm or centralized anaerobic digestion plants: pressure flowmeters, thermal mass flowmeters, ultrasonic flowmeters, vortex flowmeters.
It analyzes the respective advantages and disadvantages of the each of the technology to guide the operator's choice.
Then it makes recommendations on implementation precautions and good monitoring and maintenance practices.

1- Contexte et objectifs

Une filière en développement

La France s'est fixée des objectifs ambitieux de développement des énergies renouvelables et de limitation des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2020 au travers, notamment, de la loi de programmation pluriannuelle des investissements (PPI électricité, chaleur et gaz) et du Plan National d'Action en faveur des énergies renouvelables.
La méthanisation doit concourir à l'atteinte de ces objectifs et des dispositifs de soutien sont en place pour permettre le développement de cette filière. En outre, le développement de la méthanisation constitue pour l'agriculture française un outil d'optimisation des exploitations : amélioration des performances environnementales (production d'énergie renouvelable, maitrise des émissions de GES, valorisation des fertilisants organiques…), diversification du revenu agricole, déploiement de synergies locales… La méthanisation connaît ainsi un nouvel essor avec près de 450 unités en fonctionnement fin 2016 dont près de 2/3 à la ferme et centralisées.
Malgré un rythme de développement exponentiel (environ 70 mises en service par an depuis 2012), les suivis réalisés par l'ADEME ces dernières années montrent que les installations à la ferme ou centralisées affichent des performances pouvant être améliorées. Des pistes d'amélioration existent et en particulier sur une meilleure instrumentation des installations pour faciliter le pilotage des unités et le suivi des performances.

De l'importance de la débitmétrie biogaz

Le constat qui est fait aujourd'hui, montre que très peu d'unités prévoient une métrologie adaptée au moment de la construction et notamment pour la mesure de la production de biogaz. De plus, les retours d'expérience mettent en avant des difficultés à bien quantifier les débits de biogaz et à bien utiliser les matériels de comptage lorsqu'ils existent.
Pourtant la quantité d'énergie primaire produite sur une installation de méthanisation est un indicateur indispensable pour évaluer la performance d'une unité :

- il traduit la capacité de production d'un procédé et la performance de la dégradation biologique, indépendamment de l'utilisation du biogaz ;
- cette quantité d'énergie primaire entre en ligne de compte pour le calcul des indicateurs de performance de la valorisation énergétique (production d'électricité/chaleur, épuration pour injection…).

Objectifs de ce guide

Afin d'aider d'une part les exploitants (existants et futurs) dans le pilotage de leurs unités et d'autre part harmoniser les besoins en métrologie de la filière (évaluation des performances, retour d'expérience, bilan de fonctionnement…), l'ADEME a souhaité produire un guide présentant les différentes solutions de comptage du biogaz adaptées à des installations de méthanisation à la ferme ou centralisées, et de formuler des recommandations sur les précautions de mise en œuvre et les bonnes pratiques de suivi.

AVERTISSEMENT

À défaut d'essais de suivi de fonctionnement en conditions réelles ou de bancs d'essais qui permettraient d'analyser précisément le comportement des différentes technologies de mesure des flux de biogaz sur une installation de méthanisation, ce document s'appuie à la fois sur des ***données techniques issues de la bibliographie et sur la documentation des principaux fournisseurs de débitmètres.***
Il s'appuie aussi sur des ***retours d'expériences*** *issus de suivis d'installations de méthanisation en fonctionnement et des échanges techniques avec équipementiers et exploitants. Plus de vingt retours d'expériences ont pu ainsi être mis à profit dans le cadre de cette étude ; ils concernent à la fois des systèmes de contrôle de flux de biogaz sur ISDND et des équipements de mesure sur des installations de méthanisation récentes. Pour des raisons de confidentialité, l'anonymat a été respecté sur l'origine des retours d'expériences sur les installations.*

Enfin certaines informations issues du guide Metroflux (mesure de flux biogaz sur ISDND) ont été utiles pour compléter cette étude.

2- Intérêts et contraintes liés à la mesure du débit biogaz

Sur une installation de méthanisation, le débit et la composition du biogaz produit lors de la dégradation anaérobie de la matière organique, forment un couple d'indicateurs indispensables pour suivre un procédé de méthanisation. Ces deux paramètres réagissent très rapidement à une modification du fonctionnement : augmentation de la charge organique, stress des populations microbiennes, variations du temps de séjour des substrats dans le réacteur…

Le suivi analytique quantitatif mais aussi qualitatif de la production de biogaz va ainsi répondre à deux objectifs complémentaires : d'une part le contrôle et l'optimisation du fonctionnement du méthaniseur et d'autre part le contrôle et l'évaluation des performances du procédé de valorisation du biogaz.

La mesure du débit, complétée de la mesure de la composition du biogaz, permet de connaître la cinétique de production de biogaz et appréhender l'état de fonctionnement de la dégradation anaérobie de la matière organique. En effet, à partir des quantités de matières entrantes dans le digesteur, on pourra calculer les rendements de production de biogaz. Ces rendements dépendent de la nature des substrats (potentiel méthanogène) et des conditions opératoires du réacteur (temps de séjour, charge organique appliquée…). Ces données permettront de corroborer ou non, les hypothèses initiales de production et permettront éventuellement de corriger le mélange à dégrader.

Témoignage

❝ Nous avons plusieurs débitmètres en fonctionnement sur notre unité. En aval des digesteurs, ils nous permettent de contrôler la production de biogaz et le bon fonctionnement biologique de l'unité. Couplés à un analyseur de composition biogaz, ils nous permettent de vérifier les fluctuations du %CH_4 et ainsi de contrôler les recettes biomasse. En entrée des groupes électrogènes, les débitmètres nous permettent d'optimiser la production d'électricité. ❞
(exploitant)

La mesure du débit de biogaz, un indicateur de fonctionnement biologique du méthaniseur

Un problème de fermentation se traduit très rapidement par des variations de la production de biogaz. La mesure de débit permettra donc de donner une indication et une alerte sur un possible dysfonctionnement. Par exemple, une augmentation de la production de biogaz résulte généralement d'une élévation de la charge organique ; ainsi l'exploitant peut vérifier rapidement l'effet d'une modification de la ration introduite. Mais une augmentation de la production peut aussi être liée à un dysfonctionnement de la fermentation et à une acidification du milieu (phénomène dû à une modification du pH et à un déplacement d'équilibre des carbonates, entrainant une libération de dioxyde de carbone dans le milieu), - dans ce second cas, cela va s'accompagner d'une modification rapide de la composition du biogaz : l'analyse de composition de ce dernier permettra de corroborer l'hypothèse d'un dysfonctionnement.
Une baisse de la production de biogaz peut avoir aussi plusieurs origines comme la diminution de la charge organique non volontaire mais liée à des substrats plus pauvres en matière organique (déjà dégradés) qui font chuter la production de biogaz. Une chute brutale de la production est généralement liée à un problème de fonctionnement de la fermentation comme : inhibition, carence, toxicité, acidification rapide…

Lorsque la mesure du débit est positionnée immédiatement en amont de l'unité de valorisation du biogaz, alors celle-ci permettra de connaître le rendement de production d'énergie de l'installation ; par exemple le rendement électrique dans le cas d'une cogénération ou le rendement d'épuration dans le cas de la production de biométhane. Ces indicateurs permettront également de piloter au mieux les équipements en place et éventuellement de corriger les réglages pour optimiser la valorisation.

La mesure du débit de biogaz est influencée par plusieurs paramètres qu'il faudra prendre en compte pour le choix d'une technologie de mesure et l'implantation du débitmètre : la température et la pression, la composition du biogaz, la présence d'eau.

Pour mesurer un débit de biogaz, il faut connaitre la température et la pression du gaz dans la canalisation : ces deux paramètres permettent de calculer le volume normalisé produit (voir encadré ci-dessous).

La mesure du débit d'un gaz : m^3/h et Nm^3/h

Les gaz étant compressibles, il est possible de changer le volume d'une même quantité de gaz en le comprimant ou en changeant sa température. Il n'est donc pas possible de mesurer une quantité de gaz en exprimant une mesure en volume sans donner la pression et la température du gaz au moment où le volume a été mesuré.
Un débit c'est une quantité de gaz qui passe par unité de temps : le plus souvent, le débit est mesuré utilisant la mesure de volume / on parlera donc de m^3/heure. Compte tenu de ce qui a été dit, la mesure en m3/heure dépendra de la pression et de la température de la mesure.

Pour pouvoir comparer les débits mesurés, on a pris l'habitude de « corriger » la mesure par le calcul pour ramener à des conditions normalisées de pression et température (par exemple 1bar et 0°C). On parle alors de Normo mètres cubes/ heure ou Nm^3/h.

Attention à bien connaitre la norme utilisée pour la conversion des mesures : en effet , les conditions les plus usuelles fixent la température normale à 0 °C ou 273,15 K (selon la norme DIN 1343) et la pression normale à 101 300 Pa = 1 atm = 1,013 bar. Il existe cependant une autre norme (ISO 2533) qui considère une température normalisée de 288,15 K (15 °C

La composition du biogaz brut est également contraignante pour la mesure du débit : en effet celui-ci est saturé en eau, ce qui génère de la condensation au point de mesure. Il contient des proportions variables de méthane et dioxyde de carbone, ce qui impacte la mesure sur certains types de débitmètres. Enfin, il contient du H_2S qui peut générer des problèmes de corrosion.

La pression et la vitesse du biogaz étant généralement faibles dans les canalisations de collecte, il faut être vigilant à ne pas sortir de la zone de bon fonctionnement du débitmètre (ou modifier le diamètre de la canalisation et/ou la pression).

Par ailleurs il faut noter que le suivi du débit biogaz ne permet pas à lui seul, un pilotage suffisamment précis d'une installation de méthanisation. S'il constitue un indicateur incontournable dans la mise en place d'une stratégie de pilotage, il doit être couplé à des mesures complémentaires telles que : la composition en méthane et dioxyde de carbone du biogaz, la présence d'azote et éventuellement d'oxygène, la température de fermentation, la mesure du pH, le suivi des AGV et de l'alcalinité.

Les exigences pour une mesure représentative du débit de biogaz :

- Choisir une technologie adaptée aux contraintes du site (cf partie 3 du guide)

- Installer correctement le dispositif sur la canalisation (cf partie 4 du guide)

- Entretenir le dispositif de comptage de gaz (cf partie 5 du guide)

3- Les technologies disponibles pour mesurer un flux de biogaz sur une unité de méthanisation

a. Différents types de débitmètres

Mesurer un flux de biogaz se fait dans une conduite fermée. Deux grands principes sont utilisés pour cette mesure : une mesure directe de l'écoulement (débitmètres de plein diamètre), ou une mesure en un point ou en plusieurs points repartis suivant une transversale (débitmètre à insertion, ou à intrusion). Sont présentés ci-dessous les types de mesure qui sont les plus adaptés à la composition du biogaz et compatibles avec les caractéristiques d'une installation de méthanisation.

- Les débitmètres de type déprimogène

  Le principe est basé sur un système perturbateur statique constitué d'un organe d'étranglement ou organe déprimogène qui provoque une chute de pression dont la valeur est fonction du débit de l'écoulement et des caractéristiques thermodynamiques du biogaz à mesurer. Pour la mesure de débit de biogaz, on peut retenir quatre technologies différentes : **sonde de type Pitot, débitmètre à diaphragme, débitmètre à orifices profilés (ou venturi**).

- Les débitmètres thermiques

  Un élément chauffé est inséré dans la canalisation. Le biogaz passant dans la canalisation de transport du biogaz, prélève de la puissance thermique par convection sur l'élément chauffé. Le débit massique est proportionnel à la puissance thermique fournie à l'élément chauffé pour le maintenir à température constante. On parle de débitmètre massique thermique. Pour le biogaz nous retenons le **débitmètre à convection thermique** qui est constitué d'un élément chauffé et d'un élément de mesure de température

- Les débitmètres à ultrasons

  La mesure du débit se fait par la variation de la fréquence de l'onde sonore réfléchie sur les particules en mouvement dans le biogaz par rapport à la fréquence de l'émetteur. Dans le cas du biogaz, nous considérons le **débitmètre à ultrasons à effet Doppler**

- Les débitmètres à effet vortex

  Le débitmètre à effet vortex est fondé sur l'effet Karman, par lequel un obstacle placé dans un fluide en écoulement turbulent, génère en aval un régime oscillatoire (comme un drapeau qui flotte au vent) dont la fréquence de détachement des tourbillons (vortex) est liée à la vitesse de l'écoulement.

Dans les pages qui suivent, ces 7 solutions technologiques adaptables au biogaz sont présentées sous forme de fiches qui illustrent le principe de mesure, quelques contraintes spécifiques liées à la technologie (le chapitre 4 détaille l'ensemble des précautions à prendre pour les débitmètres), ainsi qu'une évaluation de la solution basée sur 6 critères :

- Trois critères basés sur les conditions de mesure liées à la production de biogaz :

  - **Sensibilité à l'humidité** : le biogaz brut issu d'un digesteur est saturé en eau, des condensations peuvent se faire dans la canalisation entrainant des perturbations dans la mesure du débit. En fonction de la technologie utilisée, le débitmètre sera plus ou moins sensible. L'appréciation est donnée à dire d'expert et tient compte des retours d'expériences sur les unités de méthanisation.

- **Perte de charge engendrée par le débitmètre** : selon la technologie, la perte de charge engendrée va être plus ou moins importante ; ce qui peut compromettre l'utilisation d'un débitmètre si aucune action corrective n'est mise en place (surpresseur par exemple). L'appréciation se base sur les données bibliographiques disponibles pour les différents débitmètres.
- **Sensibilité aux variations de la composition du biogaz**. La variation des principaux composants du biogaz (notamment CH_4 et CO_2), peut modifier fortement la mesure du débit ; selon la technologie il faudra plus ou moins en tenir compte et corriger les valeurs mesurées. Signalons que certains débitmètres sont aussi sensibles à O_2 et N_2. L'appréciation est donnée à dire d'expert et se base sur les données techniques du système de mesure du débit.

- Trois critères plus globaux liés aux contraintes d'exploitation :
  - **La qualité de mesure** : on considère essentiellement l'exactitude de la mesure, exprimée en % de la valeur mesurée. L'appréciation se base sur les données techniques du système de mesure du débit et de quelques retours d'expérience.
  - **Les contraintes d'encombrement** : il s'agit de prendre en compte les conditions d'implantation des appareils de mesure et notamment les besoins en longueur droite de canalisation ; exprimée en nombre de diamètre nominal (DN). L'appréciation se base sur les documentations techniques de chaque système de mesure du débit.
  - **Le coût de la mise en œuvre** du système de mesure : nous avons tenu compte du prix d'achat, du coût d'installation et d'une évaluation des besoins en maintenance/contrôle. L'appréciation se base sur les données constructeurs ou distributeurs et sur les retours d'expériences

Le tableau suivant regroupe pour chaque critère, les différents niveaux retenus pour apprécier le comportement des différents débitmètres. Plus le débitmètre est adapté par rapport au critère considéré, plus sa notation est élevée.

Critères / notation	*0*	*1*	*2*	*3*
Faible sensibilité à l'humidité	*dire expert.*	*dire expert.*	*dire expert.*	*dire expert.*
Faible perte de charge (% dP)	*>30*	*20-30*	*10-20*	*négligeable*
Faible sensibilité à la composition	*dire expert.*	*dire expert.*	*dire expert.*	*dire expert.*
Faible encombrement (X fois (longueur DN- total amont + aval)	*>30*	*20-30*	*10-20*	*<10*
Coût de la mise en œuvre	*> 17000€*	*12000<>17000€*	*7000<>12000€*	*<7000€*
Qualité de la mesure (%VM)	*>3*	*1.5<>3*	*0.5<>1.5*	*<0.5*

Tableau 1 : critères d'appréciation des différents débitmètres

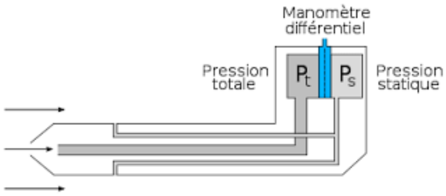
b. Fiches Technologie

i. Débitmètres de type déprimogène

a. Débitmètre Pitot moyenné

Principe de la mesure :

Le débitmètre à tube de Pitot moyenné est un débitmètre à insert se composant d'un tube de Pitot avec une multitude de prises de pression, installé à travers l'écoulement du fluide pour en déterminer le profil de vitesse et donc une vitesse moyenne, basée sur la mesure simultanée d'une pression PT dite totale et d'une pression PS dite statique (Différence de pression DP = PT – PS). Comme pour les organes déprimogènes, le débit volumique est proportionnel à la racine carrée de la différence de pression.



Équipements complémentaires :

Obligatoire :
- Capteur de température et de pression ; ce dispositif peut-être intégrer à l'appareil de mesure.
- Calculateur pour la correction en T/P et détermination du débit normalisé.
- Enregistreur du débit instantané et cumulé.

Conseillé :
- Afficheur des données.



Éléments pour l'installation :

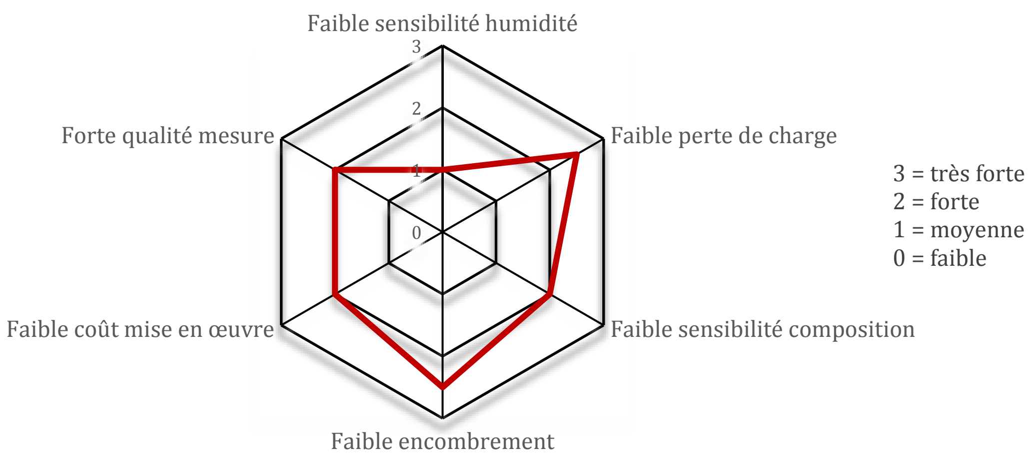
- Prise en compte des besoins en longueur droite, 10 à 20 DN en amont et 5 DN en aval selon les configurations de la canalisation de mesure *(se conformer aux préconisations)*.
- Plusieurs modèles existent en fonction du diamètre nominal ; de 50 à plus de 5000.
- Adapté aux températures et pression rencontrées.
- Pertes de charge négligeables.
- Mesure limitée pour les faibles débits : il est possible de diminuer le diamètre de la canalisation, mais il faut garder un nombre de trous minimum pour le moyenné
- Piquage sur le haut de la canalisation horizontale, installation verticale, facilité de démontage /remontage pour entretien.

Principaux problèmes constatés :

- Mesures délicates avec de très faibles pressions.
- Condensation au niveau du capteur en sortie de digesteur → gestion de l'humidité en amont, entretien régulier pour nettoyage /remontage.

Pour l'ensemble de capteurs déprimogène, gestion des condensats délicates dans les canalisations de prélèvement pour la mesure de Delta de Pression

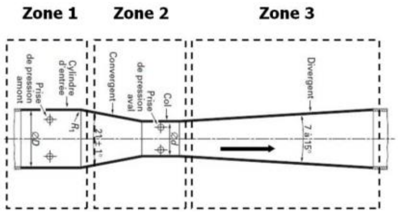
Appréciation pour une utilisation sur biogaz d'installation de méthanisation



b. Débitmètre Venturi

Principe de la mesure :

Le débitmètre venturi est un débitmètre déprimogène dont le dispositif forme un étranglement (venturi formé par deux troncs de cône réunis par leur petite base). Dans la partie la plus étroite la vitesse est plus grande et par conséquent la pression est plus faible. La différence de pression entre l'amont (zone 1) et l'aval immédiat du convergent (zone 2) (au voisinage de zone 3) est exploitée pour mesurer le débit dans la conduite.
Le débit volumique est proportionnel à la racine carré de la différence de pression (norme ISO 5167).





Équipements complémentaires :

Obligatoire :
- Capteur de pression absolue indépendant
- Capteur de température indépendant
- Calculateur pour la détermination du débit et correction en pression et en température

Conseillé :
- Enregistreur avec afficheur pour les besoins du suivi

Éléments pour l'installation :

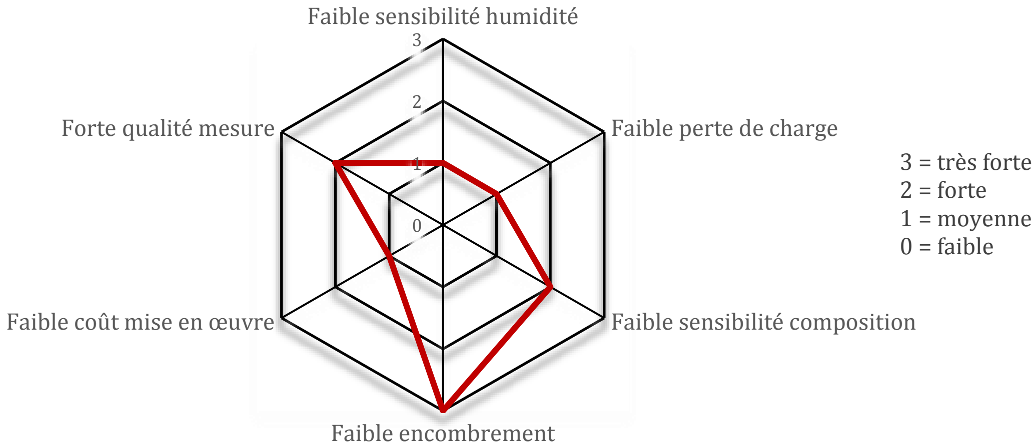
- Prise en compte des besoins en longueur droite, 5 à 10 DN en amont et 0 DN en aval selon les configurations de la canalisation de mesure (se conformer aux préconisations).
- Installation de l'organe de mesure sur un tronçon de canalisation horizontale au moyen de brides et colliers.
- Capteur de pression absolue indépendant à placer en amont du débitmètre sur le haut de la canalisation et capteur de température indépendant à placer en aval.
- Plusieurs modèles disponibles pour des DN de 50 à 1200.
-

Principaux problèmes constatés :

- Problème lié à l'écoulement des condensats dans le dispositif de mesure → faible pente de la canalisation en aval, pot à condensats avec purge automatique en amont.
- Condensation au niveau du capteur en sortie de digesteur → gestion de l'humidité en amont, entretien régulier pour nettoyage /remontage.
-

Pour l'ensemble de capteurs déprimogène, gestion des condensats délicates dans les canalisations de prélèvement pour la mesure de Delta de Pression

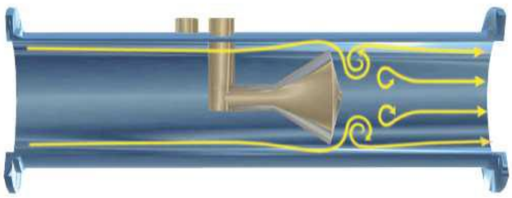
Appréciation pour une utilisation sur biogaz d'installation de méthanisation



c. *Débitmètre V-Cône*

Principe de la mesure :

Le débitmètre V-cône est un débitmètre déprimogène (principe de mesure de la pression différentielle) de plein diamètre avec un cône centré à l'intérieur du tube qui interagit avec l'écoulement du fluide pour en modifier le profil de vitesse et créer une différence de pression mesurée au moyen de deux prises de pression (en amont et en aval du cône). Le débit volumique est proportionnel à la racine carrée de la différence de pression.





Équipements complémentaires :

Obligatoire :
- Capteur de pression absolue indépendant
- Capteur de température indépendant
- Calculateur pour la détermination du débit et correction en pression et en température

Conseillé :
- Enregistreur avec afficheur pour les besoins du suivi

Éléments pour l'installation :

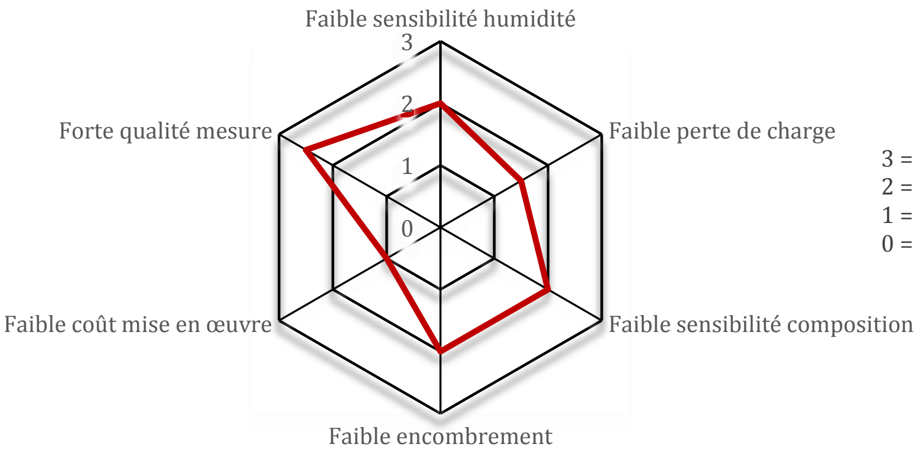
- Prise en compte des besoins en longueur droite, 3 DN en amont et 1 DN en aval selon les configurations de la canalisation de mesure (se conformer aux préconisations).
- Installation de l'organe de mesure sur un tronçon de canalisation horizontale au moyen de brides et colliers.
- Capteur de pression absolue indépendant à placer en amont du débitmètre sur le haut de la canalisation et capteur de température indépendant à placer en aval.

Principaux problèmes constatés :

- Problème lié à l'écoulement des condensats dans le dispositif de mesure → nécessité de gérer avec une faible pente de la canalisation en aval, mise en place pot à condensats avec purge automatique en amont (phénomène moins marqué que le venturi) .
- Peu rencontré en méthanisation (coût plus élevé)

Pour l'ensemble de capteurs déprimogène, gestion des condensats délicates dans les canalisations de prélèvement pour la mesure de Delta de Pression

Appréciation pour une utilisation sur biogaz d'installation de méthanisation

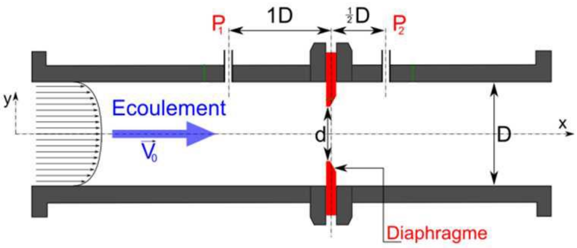


3 = très forte
2 = forte
1 = moyenne
0 = faible

d. *Débitmètre à diaphragme*

Principe de la mesure :

Le débitmètre à orifice est un débitmètre déprimogène de plein diamètre dont le dispositif forme un étrécissement. La vitesse du gaz augmente au passage du diaphragme à cause de la réduction de la section de passage et la masse volumique diminue, suite à la chute de pression. La différence de pression qui en résulte est mesurée par un transmetteur de pression différentielle. Le débit volumique est proportionnel à la racine carré de la différence de pression (norme ISO 5167).



Équipements complémentaires :

Obligatoire :
- Capteurs de pression absolue et température indépendants.
- Calculateur pour la détermination du débit et correction en pression et en température.

Conseillé :
- Enregistreur avec afficheur pour les besoins du suivi



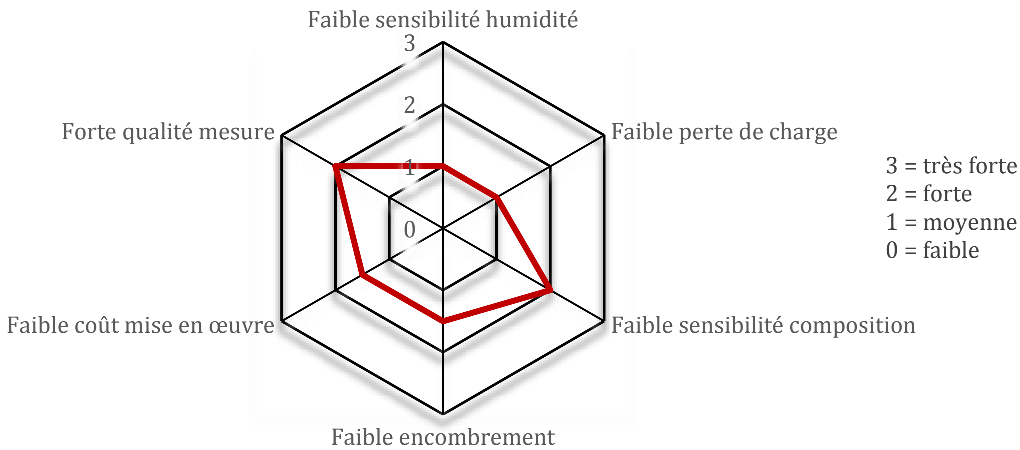
Eléments pour l'installation :
- Prise en compte des besoins en longueur droite, 10 à 30 DN en amont et 4 à 8 DN en aval selon les configurations de la canalisation de mesure (se conformer aux préconisations).
- Installation de l'organe de mesure sur un tronçon de canalisation horizontale au moyen de brides et colliers.
- Capteur de pression absolue indépendant à placer en amont du débitmètre sur le haut de la canalisation et capteur de température indépendant à placer en aval.
- Plusieurs modèles disponibles pour des DN de 20 à 1200.
- Intéressant pour les faibles débits, jusqu'à 25 Nm^3/h.
- Perte de charge importante.

Principaux problèmes constatés :

- Condensation au niveau du capteur en sortie de digesteur → gestion de l'humidité en amont, entretien régulier pour nettoyage /remontage.
- Problème lié à l'écoulement des condensats dans le dispositif de mesure → nécessité de gérer avec une faible pente de la canalisation en aval, mise en place pot à condensats avec purge automatique en amont.

Pour l'ensemble de capteurs déprimogène, gestion des condensats délicates dans les canalisations de prélèvement pour la mesure de Delta de Pression

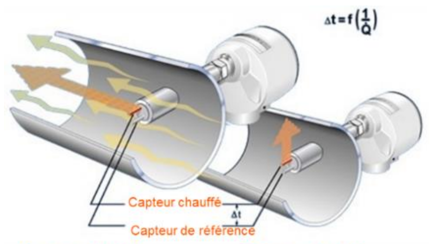
Appréciation pour une utilisation sur biogaz d'installation de méthanisation



ii. Débitmètre massique thermique

Principe de la mesure :

Le débitmètre massique thermique est fondé sur le principe de la cinétique du transfert de chaleur au sein d'un fluide et comprend une sonde amont qui mesure la température du fluide et une sonde aval chauffée, dont la température est maintenue à DT au-dessus de celle de la sonde amont. La puissance thermique nécessaire pour entretenir cet écart de température est proportionnelle au débit massique.



Équipements complémentaires :



Obligatoire :

- Analyseur de la composition du biogaz, a minima mesure du CH_4. Il est préférable d'analyser également CO_2, O_2. L'appareil peut être portatif ce qui permet d'effectuer des analyses sur d'autres points de mesure.

Conseillé :

- Couplage impératif de l'analyseur avec un correcteur de mesure du débit en fonction de la composition du biogaz, si l'on veut obtenir une faible sensibilité à la composition.
- Enregistreur et afficheur des données mesurées, débit et composition.

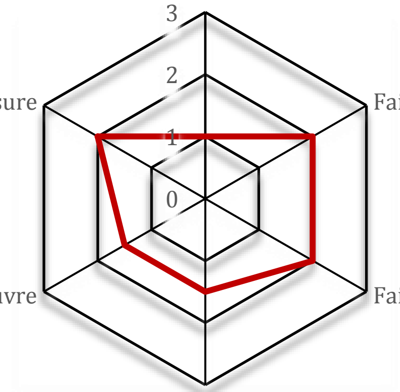
Eléments pour l'installation :

- Prise en compte des besoins en longueur droite, 10 à 30 DN en amont et 10 DN en aval selon les configurations de la canalisation de mesure *(se conformer aux préconisations).*
- Piquage à installer à 315° selon le sens trigonométrique ; facilité de démontage /remontage pour entretien.
- Plusieurs modèles disponibles pour des DN de 20 à 3000.

Principaux problèmes constatés :

- Condensation au niveau du capteur en sortie de digesteur → gestion de l'humidité en amont (pot de condensation avec purge), entretien régulier pour nettoyage /remontage.
- Perturbations de la mesure liées à dépôts solide ou liquide sur la sonde → mise en place en amont de solutions de prétraitement du biogaz (sécheur, filtre à charbon, pot de purge…).
- Si organe de mesure défectueux alors changement du capteur

Appréciation pour une utilisation sur biogaz d'installation de méthanisation

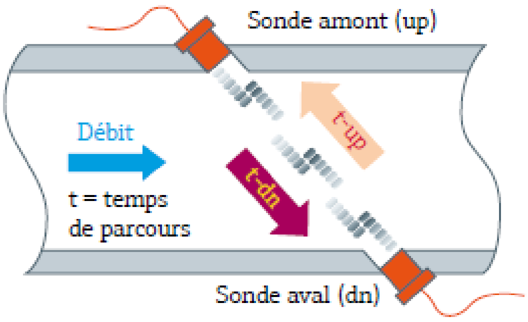


3 = très forte
2 = forte
1 = moyenne
0 = faible

iii. Débitmètre à ultrasons

Principe de la mesure :

L’organe de mesure est constitué de deux sondes opposées dirigées l’une vers l’autre, la première placée en amont, la seconde en aval. Chaque sonde émet à tour de rôle un signal ultrasonore vers l’autre sonde. Le temps entre émission et réception du signal permet alors de calculer le débit volumique.



Équipements complémentaires :



Obligatoire :

- Capteur de température et de pression ; peuvent être intégré dans l’équipement sur certains modèles.
- Analyseur de méthane ; peut être calculé par le système de mesure sur certains modèles.

Conseillé :

- Enregistreur et afficheur des données mesurées, débit et composition.

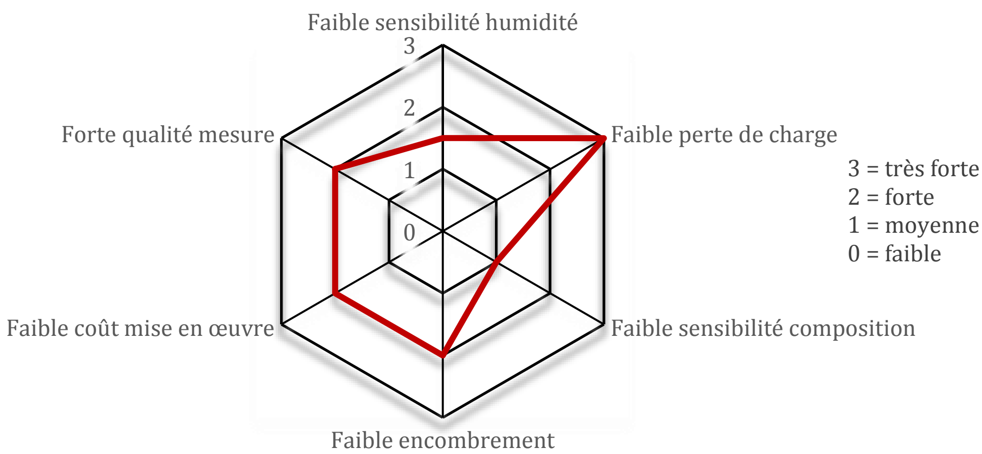
Eléments pour l’installation :

- Prise en compte des besoins en longueur droite, 10 à 20 DN en amont et 3 DN en aval selon les configurations de la canalisation de mesure (se conformer aux préconisations).
- Installation de l’organe de mesure sur un tronçon de canalisation horizontale ou verticale au moyen de brides et colliers.
- Si non intégré, capteur de pression absolue indépendant à placer en amont du débitmètre sur le haut de la canalisation et capteur de température indépendant à placer en aval.
- Plusieurs modèles disponibles pour des DN de 50 à plus de 500.
- Perte de charge négligeable. Mesure sur faible débit.

Principaux problèmes constatés :

- Mauvaise pente de la canalisation horizontale (contre-pente non visible à l’œil nu), liée à une erreur à l’installation, entrainant une accumulation d’eau et de mauvaises valeurs de débit → problème résolu en corrigeant légèrement la pente de la canalisation dans le sens du débit biogaz.
- Condensation au niveau du capteur en sortie de digesteur → entretien régulier pour nettoyage /remontage.
- Contrôle annuel du débitmètre par le fournisseur indispensable pour éviter une dérive de la mesure.
- Mesure délicate à faibles pressions et en présence de O2

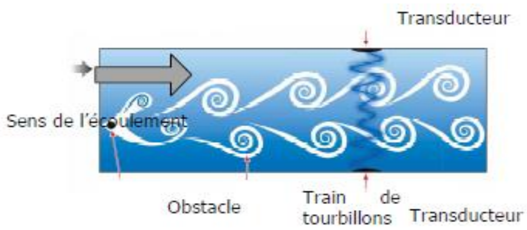
Appréciation pour une utilisation sur biogaz d’installation de méthanisation



iv. Débitmètre Vortex

Principe de la mesure :

Le débitmètre à vortex exploite le phénomène de génération de tourbillons en aval d'un obstacle placé dans un fluide en écoulement. En traversant la section de mesure, un petit obstacle déclenche un lâché de tourbillons de petite taille. Une onde ultrasonique est émise par un transducteur à travers le train de tourbillons. Cela induit une modification dans le signal ultrasonore, liée aux nombres de tourbillons qui ont traversé l'onde. Le nombre de tourbillons est directement proportionnel à la vitesse du gaz au niveau de l'obstacle.



Équipements complémentaires :



Obligatoire :

- Transmetteur pour convertir la vitesse en débit
- Capteur de pression absolue indépendant
- Capteur de température (interne ou indépendant)
- Calculateur pour la correction en pression et en température

Conseillé :

- Enregistreur avec afficheur pour les besoins du suivi

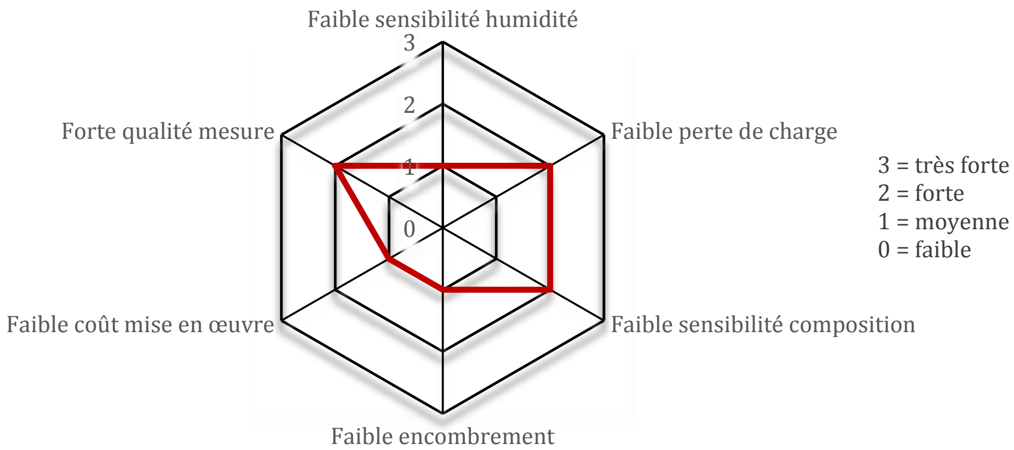
Eléments pour l'installation :

- Prise en compte des besoins en longueur droite, 15 à 25 DN en amont et 10 DN en aval selon les configurations de la canalisation de mesure (se conformer aux préconisations).
- Installation de l'organe de mesure à 45°c selon le sens trigonométrique.
- Capteur de pression absolue indépendant à placer en amont du débitmètre sur le haut de la canalisation et capteur de température indépendant à placer en aval.
- Plusieurs modèles disponibles pour des DN de 20 à 400.
- Intéressant pour les faibles débits, jusqu'à 25 Nm^3/h.

Principaux problèmes constatés :

- Peu de retour d'expérience pour la mesure de débit biogaz

Appréciation pour une utilisation sur biogaz d'installation de méthanisation



c. Proposition de comparatif entre les débitmètres biogaz

La sélection d'un débitmètre biogaz n'est pas simple. Elle dépend de nombreux paramètres, souvent complexes, tant liés aux conditions de mise en œuvre que de l'adaptabilité de la technologie employée.

Il n'existe pas une seule meilleure technologie pour tous les critères, chacune présente des atouts mais aussi des contraintes ou des faiblesses. Il faudra donc faire un compromis entre les critères lors du choix du matériel de mesure.

Le tableau suivant propose une comparaison des différentes technologies débitmétriques retenues, en tenant compte de l'ensemble des appréciations réalisées précédemment. Trois niveaux de considération sont définis : bien adapté, adapté, moyennement adapté avec avantages (on se réfèrera aux fiches techniques pour analyser ce classement).

Critères	Faible sensibilité humidité	Faible perte de charge	Faible sensibilité composition	Faible encombrement	Faible coût mise en œuvre	Forte qualité mesure
Bien adapté (note de 3)		Ultrasons Pitot Moyenné		Pitot Moyenné Venturi		V-Cône
Adapté (note de 2)	Ultrasons V-Cône	V-Cône Massique Th. Vortex	Pitot Moyenné Venturi V-Cône Diaphragme Massique Th. Vortex	Ultrasons Diaphragme Massique Th.	Ultrasons Massique Th. Pitot moyenné Diaphragme	Pitot Moyenné Venturi Diaphragme Massique Th. Vortex
Moyennement adapté (note de 1)	Pitot Moyenné Venturi Diaphragme Massique Th. Vortex	Diaphragme Venturi	Ultrasons	Vortex	Vortex Venturi V-Cône	

Tableau 2 : Tableau comparatif entre les différentes technologies de débitmètres pour biogaz

Il ressort de l'analyse que les débitmètres déprimogènes et à ultrasons présentent des avantages pour la mesure des flux de biogaz liés notamment aux faibles pertes de charge, à l'encombrement et à une bonne qualité de mesure.
La plupart des débitmètres sont faiblement impactés par les variations de composition du biogaz dans la mesure où des systèmes de correction du débit ont été pris en compte (cas du massique thermique par exemple). Dans le cas du débitmètre à ultrasons, la présence d'oxygène semble entrainer des erreurs de mesure.
Même si tous les débitmètres sont adaptés à la mesure sur biogaz, il conviendra de bien analyser les caractéristiques d'implantation et de fonctionnement de chacun. Certains inconvénients seront à prendre en compte pour obtenir une mesure correcte du débit.

4- Installation d'un système de mesure de débit biogaz

Dans ce chapitre nous développons les éléments de base pour correctement installer un système de mesure de flux de biogaz sur une installation de méthanisation. En effet comme nous l'avons évoqué dans les chapitres précédents, l'installation d'un dispositif de mesure de débit de biogaz exige des conditions bien précises.

> ***Témoignage***
>
> *« L'installation de débitmètres sur certaines de nos installations, permet d'optimiser le fonctionnement des groupes électrogènes. En respectant les spécifications d'installation des fabricants nous n'avons pas rencontré de problème particulier. Cependant l'installation de débitmètre n'est pas systématiquement proposée sur nos installations en raison du coût supplémentaire généré. »*
>
> *(constructeur)*

Il n'est pas question dans ce chapitre de prendre en compte toutes les spécificités des appareillages proposés sur le marché par les différents fournisseurs. Par contre rappelons que les indications des différents manuels d'installation de débitmètre seront à respecter scrupuleusement pour obtenir le bon fonctionnement du matériel choisi.

Il est important de rappeler que s'il est tout à fait possible de prendre en compte ces conditions lors de la conception d'une installation sans surcoût important, il est parfois impossible sur une unité déjà construite de mettre en place un système de mesure sans modifier de manière importante les équipements en place (les problèmes rencontrés sont le plus souvent : pas assez de longueur droite de canalisation biogaz, mauvaise orientation verticale ou horizontale de la canalisation, difficulté à trouver un emplacement pour la baie d'enregistrement…). Les modifications à apporter sur le réseau de captage du biogaz et leurs coûts peuvent alors devenir rédhibitoires pour installer un système de comptage.

a. Choix de l'emplacement de la mesure

Le choix du ou des emplacements pour effectuer la mesure de flux de biogaz va être guidé par deux considérations principales :

- La configuration du procédé et de l'unité de méthanisation (un seul digesteur, plusieurs digesteurs, présence d'un post-digesteur…),
- L'objectif d'exploitation des informations mesurées pour piloter l'unité et établir des bilans de performance.

> ***Débitmètre à poste fixe ou débitmètre mobile ?***
>
> *La très grande majorité des mesures du débit biogaz, concernent des mesures avec des débitmètres installés à poste fixe. Cette configuration permet de suivre en continu le débit de biogaz et de garantir une qualité constante de la mesure (si les opérations de maintenance et de contrôle sont bien effectuées).*
> *Des solutions de mesure de débit au moyen d'appareillage mobile existent chez les fournisseurs d'équipements ; cela concerne des débitmètres de type intrusif (introduit dans la canalisation biogaz au moyen d'une vanne d'accès et retirés une fois la ou les mesures effectuées). L'intérêt pour l'exploitant est de pouvoir mesurer le débit de biogaz à différents endroits de son installation. Par contre, ce type de mesure demande une bonne expérience de l'utilisation des capteurs, car des variations de positionnement du débitmètre dans la canalisation peuvent générer des erreurs de mesure. Ce mode de mesure convient pour suivre l'évolution d'un méthaniseur et contrôler les variations de production de biogaz entre deux périodes. Les mesures, moins précises que les mesures à poste fixe, pourront difficilement être utilisées pour établir précisément des bilans de performance.*

Une installation de méthanisation peut être plus ou moins complexe et comporter différentes lignes de production de biogaz. De plus différents procédés peuvent être mis en place en fonction de la nature des substrats traités et leurs compositions. Ces différentes configurations demandent d'avoir une approche spécifique à chaque site et bien réfléchie pour choisir le meilleur emplacement avant de mettre en place l'équipement de mesure.

Si l'objectif principal est la mesure de la performance on choisira un emplacement le plus proche possible de la valorisation du biogaz (en amont du groupe de cogénération ou bien du système d'épuration dans le cas de production de biométhane). Si l'objectif est de suivre plus précisément la fermentation et les cinétiques de production de biogaz, alors l'emplacement de la mesure se fera le plus proche possible du réacteur de méthanisation.

Plusieurs possibilités existent pour la mise en place d'un appareil de mesure des flux de biogaz que l'on peut classer en fonction des différents procédés de méthanisation et configurations d'unité. Nous essaierons de donner ci-après les principales configurations possibles.

- Un digesteur associé à un post-digesteur



Sur beaucoup d'installations, un post-digesteur est associé au digesteur primaire. Il permet de poursuivre la dégradation de la matière organique et ainsi obtenir une production conforme aux prévisions. La plupart du temps, il fait office de gazomètre et permet également le stockage du digestat.

Avec un débitmètre positionné en (a), l'intérêt est de mesurer le débit de production de biogaz du digesteur pour évaluer la performance de digestion. Ceci permet de connaître les volumes produits et les cinétiques de production. Au-delà du calcul des rendements de production, cette mesure permet d'effectuer un suivi quotidien du réacteur et de contrôler les éventuelles variations de débit qui pourraient être dues à un dysfonctionnement.

Positionnée en (b), le débitmètre permettra de connaître les performances de l'unité de valorisation du biogaz. Il s'agira notamment de calculer le rendement de transformation électrique dans le cas d'une cogénération. Selon la performance, on pourra optimiser les réglages pour obtenir la meilleure efficience. Dans le cadre d'une épuration du biogaz, les performances de l'épurateur pourront être connues afin là-aussi d'optimiser les performances d'épuration.
Éventuellement on pourra également connaître en régime stabilisé, la production spécifique du post-digesteur en faisant [Q(a) - Q(b)] ; attention cependant à connaître le volume du gazomètre et la vitesse de sortie du biogaz.

- Un digesteur et un gazomètre :

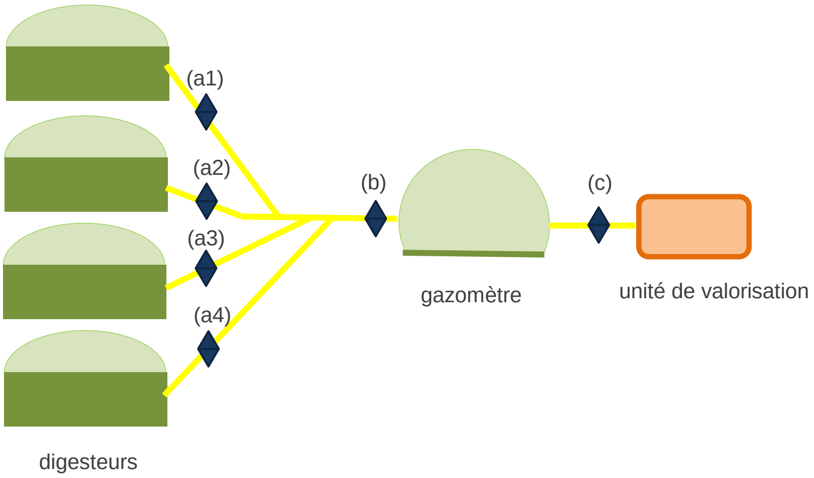


Dans cette configuration d'unité on peut envisager deux emplacements pour positionner les débitmètres en fonction de l'exploitation souhaitée de la mesure.

En positionnant le débitmètre en (a), l'objectif est identique à celui décrit précédemment.

En (b), on pourra également connaître les performances de l'unité de valorisation.

- Plusieurs digesteurs en parallèle



Lorsqu'il s'agit de plusieurs digesteurs en fonctionnement continu, mettre en place un débitmètre sur chacun d'eux, permet de contrôler le fonctionnement biologique et de piloter de manière différenciée la production de biogaz de chacun des digesteurs. Dans ce cas le piquage en (b) n'est pas forcément obligatoire puisque le débit de production total est égal à la somme de chaque débitmètre en amont.
Si les débitmètres(a) ne sont pas en place alors (b) permettra de connaitre en continu la production globale des digesteurs ; par contre, si une baisse de production apparait, il sera difficile d'en connaître la raison et de corriger éventuellement le fonctionnement du digesteur en cause.
Un débitmètre positionné en (c), assurera les mêmes fonctions que dans les deux cas précédents. Dans le cas de plusieurs unités de valorisation, on pourra soit implanter un débitmètre par unité, soit mettre en place un système de mesure alternée pour déterminer le débit d'entrée.

Dans le cas d'une installation de type discontinu (par exemple voie sèche en réacteur « garage »), installer un débitmètre pour chaque digesteur est certainement la meilleure solution pour connaitre la cinétique de production de biogaz et la composition de ce dernier. En effet, dans ce type de réacteur, la production de biogaz est croissante lors du démarrage et jusqu'à l'obtention d'une phase stabilisée ; puis va décroître au fur et à mesure de la biodégradation de la matière organique résiduelle. L'intérêt pour l'exploitant de connaître le débit de chaque réacteur est fondamental pour bien piloter son installation et garantir un flux de méthane stabilisé vers l'unité de valorisation.

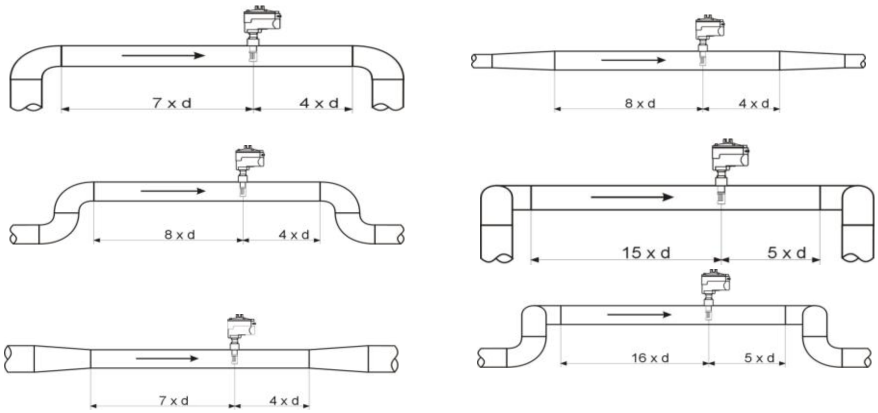
b. Principaux éléments à prendre en compte dans l'installation d'un débitmètre

> ***Témoignage***
>
> *" Nous avons rencontré des problèmes de paramétrage au démarrage de l'installation, liés à un mauvais positionnement du débitmètre et à des problèmes d'humidité. Ceci lié à l'inexpérience du fabricant sur les contraintes de mesure en unité de méthanisation. En plus de respecter les préconisations d'installation des fabricants, il faut disposer d'une longue conduite droite et un gaz sec. "*
> *(exploitant)*

Ce chapitre détaille les principaux éléments à prendre en compte pour l'installation d'un débitmètre afin de garantir une bonne mesure du flux de biogaz : il s'agit tout d'abord de la **localisation du débitmètre** sur la canalisation, de l'anticipation des perturbations possibles (dilatation, condensation, H_2S) et des équipements complémentaires.

- **La notion de longueur droite :**

Quelque que soit la technologie, le fonctionnement de la majorité des débitmètres demande un flux laminaire dans la canalisation, c'est-à-dire l'absence de turbulence dans le biogaz. Or un coude, une vanne, une bride, une pièce intrusive …sont susceptibles de créer des turbulences. Il est donc indispensable de positionner le débitmètre dans une portion droite de canalisation suffisamment longue, pour qu'au point de mesure, le flux de gaz soit sans turbulence susceptible de fausser la mesure. Selon la technologie de débitmétrie employée et les conditions d'implantation, les besoins en « longueur droite » vont être plus ou moins importantes. Ces données sont systématiquement fournies par le fournisseur de technologie, comme illustré ci-dessous pour un débitmètre thermique.



Exemple d'implantation d'un débitmètre massique thermique – Distance exprimée en multiple du diamètre interne de la canalisation ou diamètre nominal (DN) – Distance amont + distance aval = longueur droite nécessaire pour installer le débitmètre. *(Source Sewerin, 2017)*

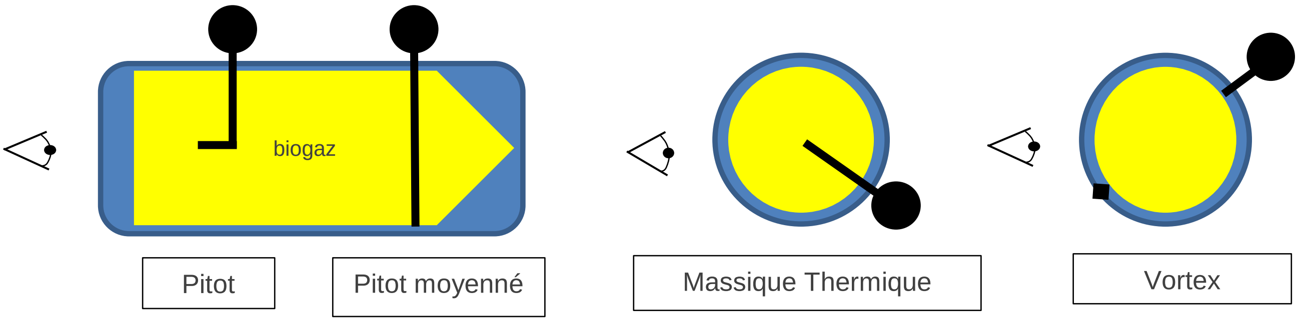
En cas de manque de place (par exemple lorsque la mise en place d'un débitmètre n'a pas été prévue dès la conception de l'unité), il sera nécessaire de mettre en place une dérivation sur la conduite existante suffisamment longue pour respecter les conditions de mise en place de l'organe de mesure. Cette nouvelle conduite devra pouvoir être rendue indépendante de la conduite initiale au moyen d'un jeu de vannes ; ce montage sera utile pour l'entretien et le contrôle de l'appareillage au cours de son utilisation.

- **Positionnement de l'organe de mesure :**

Pour les systèmes de mesure à intrusion dans la canalisation de biogaz (type Pitot, massique thermique, vortex…), le positionnement de la sonde joue un rôle important sur la qualité de la mesure.

Son orientation dans la canalisation doit permettre de limiter le plus possible les phénomènes de condensation. Les constructeurs/fournisseurs de matériels de mesure signalent les bonnes conditions de mise en place de l'appareillage pour obtenir une mesure correcte et fiable dans le temps. Il faudra donc respecter précisément les recommandations de la notice d'installation.

Pour les organes de mesure de type déprimogène (Pitot, Venturi, Pitot moyenné…), la règle habituelle est une mise en place sur une canalisation horizontale. Pour les capteurs de type massique thermique, une implantation à 315° (sens trigonométrique = antihoraire ; cf Schémas) est la plus favorable pour éviter des phénomènes de condensation (cf. illustration photographique). Enfin pour les technologies de type Vortex une mise en place à 45° est demandée (sens trigonométrique = antihoraire ; cf Schémas).



- **Montage/démontage du débitmètre :**

L'entretien régulier d'un débitmètre est indispensable pour garantir une fiabilité de la mesure dans le temps. De même une vérification de la mesure (réétalonnage) sera nécessaire selon la fréquence proposée par le fournisseur. Ces opérations demandent de démonter/remonter l'appareillage de la canalisation. Pour faciliter ce travail, l'installation d'une vanne en amont permettra de bloquer l'arrivée de biogaz pendant le démontage/remontage. Pour les sondes de type intrusif, l'installation au point de piquage d'une vanne à boisseaux permettra également d'éviter la fuite de biogaz et de remettre l'installation en fonctionnement rapidement.
Avant le démontage d'une sonde intrusive, il est vivement recommandé de noter l'emplacement avec une marque de repère sur la canalisation. Ceci afin de repositionner la sonde de la même manière lors du remontage. À noter que pour des débitmètres avec montage sur brides, le remontage ne pose pas ce type de problème puisque le capteur est intégré au tronçon de canalisation qui peut être étalonné directement sur banc d'essai.

- **Le matériau de la canalisation :**

Il est nécessaire que la canalisation soit en inox afin d'éviter toute déformation possible (éviter notamment le PEHD en raison de sa forte dilation liée aux variations de température). Il est indispensable de connaitre précisément le diamètre **intérieur** de la canalisation afin de correctement paramétrer le calculateur qui fournit la valeur de débit à partir de la mesure effectuée.

- **Etalonnage :**

Il n'existe aujourd'hui aucune normalisation, certification ou approbation concernant la mesure de débit de biogaz. Les technologies proposées ont été mises au point pour la mesure de gaz épuré, comme le gaz naturel. Il est donc important de disposer d'un certificat d'étalonnage du débitmètre, effectué sur un mélange de gaz comparable au biogaz à mesurer.

- **La gestion de l'eau de condensation** :

Le biogaz produit sur un digesteur est saturé en eau (humidité relative de 100%). Les perturbations sur la canalisation (rétrécissement, doigt de gant, sonde intrusive, vanne…) sont à l'origine de phénomènes de condensation de cette eau qui peuvent créer des interférences sur la mesure de débit. Il est alors nécessaire de mettre en place un système de récupération de ces condensats (« pots à condensats ») avec un moyen de purge, manuel ou préférable automatique. La pente de la canalisation est aussi à vérifier afin que l'eau ne se condense pas dans l'organe de mesure du débit, sous peine de fausser fortement la mesure. Une légère inclinaison positive vers le débitmètre est conseillée, avec un pot de purge au point bas de la canalisation.



Exemple de condensation et de formation de gouttelettes sur une sonde de mesure.

(Source SEWERIN, 2017)

En complément à la gestion de l'eau en amont et en aval, pour le cas des débitmètres déprimogènes, une attention particulière devra être portée à la gestion des condensats présents dans les canalisations de prélèvement (liaisons au capteur de delta de pression). Leur diamètre ne devra pas être trop faible avec des pentes constantes pour un retour vers la canalisation principale de biogaz (voire à intégrer des dispositifs de purge).

- **La gestion de l'H_2S dans le biogaz :**

Les teneurs en sulfure d'hydrogène (H_2S) dans le biogaz peuvent être parfois importantes (plusieurs centaines de ppm). Cette teneur en H_2S peut se traduire par deux types de problèmes :

- Des dépôts de soufre sur les organes de mesure. C'est un phénomène relativement courant sur les sondes intrusives (type Pitot ou massique thermique). Cet encrassement peut progressivement perturber la mesure (bouchage des orifices de mesure de pression) et rendre difficile le démontage de la sonde pour un nettoyage.



Exemple d'encrassement d'une sonde de mesure.

(Source SEWERIN, 2017)

- Par ailleurs, selon l'alimentation en substrats mais aussi en fonction du fonctionnement du système microbien, les concentrations en H2S peuvent aussi varier dans des proportions importantes, entrainant une modification de la capacité thermique massique du biogaz. Cette situation peut entrainer des erreurs non négligeables dans l'estimation du débit lorsqu'on utilise un débitmètre massique thermique.

Pour éviter ces phénomènes, il peut être recommandé de mettre en place un dispositif au niveau du réacteur de fermentation, pour piéger une grande partie de l'H_2S (par insufflation d'air dans le ciel gazeux du digesteur par exemple).

- **La protection des équipements :**

Pour les équipements placés en extérieur, une protection contre les intempéries (capotage, armoire…) est fortement recommandée. En fonction des écarts de température dans la zone considérée, une isolation limitera les problèmes de dilatation et d'écart de mesure (dans le cas des débitmètres déprimogènes, veiller notamment aux tubulures de connexion entre la sonde de mesure et le capteur d'intégration).
La conformité des équipements au zonage ATEX devra être respectée.

- **L'instrumentation complémentaire :**

La plupart des systèmes de mesure demandent en parallèle la mesure de la pression et de la température du biogaz. Il est alors nécessaire de prévoir des piquages supplémentaires au niveau de la canalisation. Le capteur de pression est placé en amont de l'organe de mesure du débit et le capteur de température en aval. À ce niveau aussi il est recommandé de suivre strictement les préconisations du fournisseur de matériel, de ne pas oublier d'entretenir les organes de mesure, et de recourir à une vérification de l'étalonnage régulièrement.

Pour les débitmètres massique-thermiques, l'adjonction a minima d'un analyseur de composition en méthane est indispensable afin de corriger les valeurs de mesure du débit lorsque cette composition varie. Signalons que des systèmes de mesure intégrant une correction automatique du débit en fonction de la composition existent sur le marché.

Par ailleurs il ne peut être que recommandé de disposer d'un dispositif de calcul pour la détermination du débit avec correction de température et pression lorsque cela est nécessaire. Les fournisseurs proposent systématiquement ce type d'équipement.

Un totalisateur est fortement recommandé pour permettre ensuite d'effectuer les bilans de performance en fonction des différentes périodes de fonctionnement de l'installation. Un afficheur des mesures accessibles (débit instantané, totalisateur) est aussi intéressant afin que ces valeurs soient directement lisibles à l'exploitant lors de ses visites quotidiennes de surveillance du fonctionnement.

Remarque : dans le cas d'une instrumentation impliquant plusieurs points de mesure de débit, il est recommandé d'utiliser le même type d'appareil de mesure pour utiliser les données dans des bilans de fonctionnement généraux de l'installation. Ceci afin de limiter les écarts de sensibilité et les erreurs de mesure en fonction des équipements.

EN RESUME

Comme indiqué dans le chapitre 3, aucune des technologies de débitmétrie analysées n'est inadaptée pour le biogaz. Toutefois chacune des technologies a ses contraintes.

Il est donc important, lors de la mise en place d'un débitmètre de biogaz, de bien prendre en compte les éléments suivants :

- La production de la future unité : les flux de biogaz théorique, les variations saisonnières éventuelles, une évaluation de la composition du biogaz (CH_4, CO_2, H_2S) …
- La gamme de fonctionnement: débit, pression, température
- L'implantation des organes de mesure ainsi que des caractéristiques des canalisations de biogaz prévues (matériaux, DN…)
- La facilité d'entretien
- et bien entendu, le respect des préconisations des constructeurs.

5- Maintenance d’un dispositif de comptage biogaz

L’utilisation d’un dispositif de mesure des flux de biogaz demande des opérations d’entretien et de contrôle réguliers.
Ce chapitre décrit de manière globale les recommandations dans la maintenance d’un dispositif de comptage de biogaz, en les scindant en deux procédures distinctes.

La première procédure est un autocontrôle du fonctionnement de l’équipement effectué par l’exploitant, de manière régulière, environ une fois par mois.

La deuxième procédure consiste à faire intervenir une entreprise spécialisée, a minima une fois par an.

Les éléments généraux de ce chapitre doivent être complétés par la lecture attentive du manuel d’utilisation du constructeur de l’équipement afin de bien connaître les protocoles à respecter pour le contrôle et la maintenance.

Avant toute intervention de maintenance, il est important de veiller à ce que le contrôle respecte toutes les règles de sécurité. S’il existe un document de prévention des risques et des procédures écrites pour les interventions de personnel extérieur, il faudra bien sûr les communiquer à l’intervenant, qu’il soit interne ou externe, et le cas échéant établir un plan de prévention des interventions des entreprises extérieures pour la sensibilisation des intervenants aux risques encourus.

a. Procédure de vérification par l’exploitant (autocontrôle)

Une vérification périodique, au minimum mensuelle, doit comporter deux grands éléments :

- Une vérification physique de l’installation :
  - Éliminer l’éventuelle présence de condensats dans la canalisation en vidangeant les différentes purges existantes. Si le volume de condensats est important alors il conviendra de prévoir de renouveler à intervalle plus fréquent l’intervention.
  - Contrôler l’état général de la canalisation : fixation des vannes, des brides/collets, des points de piquage ; présence de points de corrosion ; détérioration de l’isolation…
  - Vérifier le bon état des câblages.
- Une vérification des mesures :
  - Un premier regard sur les données permet de voir si l’installation est en fonctionnement en mode stabilisé (les valeurs des différents capteurs (débit, température, pression…) sont sensiblement constantes, ou en mode transitoire (nouveau substrat, augmentation de la charge organique…) qui conduit à des variations continues des paramètres.
  - Un regard plus fin permettra de détecter les anomalies potentielles indiquant un mauvais fonctionnement du capteur, comme un palier de mesure indiquant toujours la même valeur, ou des changements brutaux de valeur.
  - Il faut surveiller les messages d’erreurs sur les différents capteurs (comme « over flow » ou autres indications selon la notice d’utilisation).

- Quand on dispose sur l'installation d'un matériel portable, il est intéressant de faire une mesure comparative avec la mesure du capteur fixe.

- Enfin il faut profiter des périodes d'arrêt, pour vérifier que l'indication est bien à « zéro » débit.

En cas d'anomalie détectée, une procédure de vérification du paramétrage et du câblage est préconisée, effectuée par une personne habilitée qui reprendra les données de mise en service. Si l'anomalie est persistante, un retour en usine sera préconisé.

b. Procédure de contrôle de l'équipement par une entreprise spécialisée

Un contrôle annuel est recommandé. Il doit être effectué par une entreprise spécialisée qui connait l'équipement et éventuellement accréditée par le constructeur mais aussi qui dispose d'une expérience en mesure de biogaz.

Il fera une vérification de l'état général du système (absence de marque de corrosion, absence de dépôt, absence de condensats) et son entretien (nettoyage des parties concernées et évacuation de toute présence de condensats).
En cas de présence d'anomalies, des mesures compensatoires peuvent être prises pour d'éventuelles modifications après validation auprès du fabricant (pose de purge complémentaire pour l'évacuation de l'eau, amélioration de l'isolation, changement de matériaux en cas de corrosion excessive…).

Le contrôle de l'équipement se fera également après son démontage de la canalisation biogaz. Il prendra en compte l'ensemble des capteurs équipant le dispositif en fonction de la technologie mise en place : capteur de débit, capteur de vitesse, capteur de delta pression, capteur de pression absolue, capteur de température, analyseur de gaz.

En fonction des résultats, un ajustement du matériel pourra être effectué sur site ou nécessitera éventuellement un retour en usine.

6- Conclusion

Le premier objectif de ce document était de faire un état des lieux des équipements disponibles pour la mesure des débits de biogaz. Il a été ainsi possible de conclure que les technologies analysées peuvent être adaptées à la mesure du biogaz.

Lors de la mise en place d'un système de mesure de débit biogaz, différents critères doivent être considérés comme les caractéristiques du biogaz, l'utilisation recherchée des mesures, les coûts d'achat et de maintenance, la configuration de l'unité de méthanisation et les contraintes d'installation des équipements, la précision souhaitée de la mesure…

Aucune technologie de débitmétrie n'étant optimale pour tous les critères, le processus de sélection d'un dispositif de mesure et de comptage du biogaz, consiste à trouver un bon compromis entre tous les critères. En plus des caractéristiques intrinsèques des équipements de débitmétrie biogaz, la qualité de la mesure dépend aussi en grande partie des conditions d'installation et de la maintenance du capteur.

Pour aider les praticiens du biogaz dans leur choix, ce guide pratique s'est donc à la fois penché sur les technologies pour en faire une analyse comparative, et sur les conditions de mise en œuvre et de maintenance de ces équipements, qui, il faut le rappeler, sont des éléments indispensables à un bon fonctionnement d'une installation de méthanisation à la ferme ou centralisée.

Témoignage

"Face aux contraintes de mesure et les aspects techniques, il n'existe pas de capteur plus adapté qu'un autre. Ils présentent tous leurs propres avantages et inconvénients. Le choix de la technologie repose sur la maitrise des conditions d'utilisation. Et de toute façon, quelque que soit la technologie retenue, la qualité des résultats imposera le respect des règles de mise en place, avec l'intégration de procédures d'entretien et de vérification."

(Spécialiste mesure débit biogaz)

Références bibliographiques

- ADEME. Guide opérationnel pour la mesure des flux de biogaz canalisés dans les installations de stockage de déchets non dangereux. Juin 2013.
- KADIR, B. Mesure de débit par ultrasons. Techniques de l'ingénieur, R2265 V2, 2004.
- MOLETTA, R (coord.). La Méthanisation (3ième édition). Lavoisier Tech & Doc, 2015.
- RIQUIER, L. Rapport final du projet « Metroflux – Mesure des volumes de biogaz capté sur une installation de stockage de déchets non-dangereux ». Convention ADEME n°1006C0110, 2010.
- SIGONNEZ, P. Choix d'un débitmètre. Techniques de l'ingénieur, R2200 V4, 2006.

Principaux fournisseurs contactés, proposant un système de mesure de flux biogaz

- AAB Instrumentation – www.abb.com
- Binder – www.bindergroup.info
- Endress Hauser – www.fr.endress.com
- Engineering Mesure - www.mesure.com
- Fuji Electric – www.fujielectric.fr
- Krohne – www.krohne.fr
- Sewerin – www.sewerin.fr
- TH Industrie - www.th-industrie.com
- CH4 Process - www.ch4process.fr

L’ADEME EN BREF

L’Agence de l’Environnement et de la Maîtrise de l’Energie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l’environnement, de l’énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d’expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale.

L’Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, les économies de matières premières, la qualité de l'air, la lutte contre le bruit, la transition vers l’économie circulaire et la lutte contre le gaspillage alimentaire.

L’ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de l’Environnement, de l’Energie et de la Mer et du ministère de l’Education nationale, de l’Enseignement supérieur et de la Recherche.

LES COLLECTIONS
DE L’ADEME

ILS L’ONT FAIT
L’ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.

EXPERTISES
L’ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.

FAITS ET CHIFFRES
L’ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d’indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.

CLÉS POUR AGIR
L’ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.

HORIZONS
L’ADEME tournée vers l’avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.

MESURE DES FLUX DE BIOGAZ SUR LES INSTALLATIONS DE METHANISATION A LA FERME ET CENTRALISEES

Depuis 2012, on a recensé environ 70 mises en service par an d'installations de méthanisation à la ferme et centralisées. Les suivis réalisés par l'ADEME ces dernières années montrent que ces installations affichent des performances correctes mais pouvant être significativement améliorées. Parmi ces améliorations, figure en bonne place une meilleure instrumentation des installations pour faciliter le pilotage des unités. C'est en particulier vrai pour la mesure du débit du biogaz, pourtant indispensable pour le suivi des performances.

Afin d'aider d'une part les exploitants (existants et futurs) dans le pilotage de leurs unités et d'autre part harmoniser les besoins en métrologie de la filière (évaluation des performances, retour d'expérience, bilan de fonctionnement…), l'ADEME a souhaité produire un guide pratique sur la mesure du débit de biogaz dans les installations de méthanisation.

Ce guide présente les différentes solutions de comptage du biogaz adaptées à des installations de méthanisation à la ferme ou centralisées : débitmètres de type déprimogène, débitmètres massique thermique, débitmètres à ultrasons, débitmètres vortex. Il analyse les avantages et inconvénients respectifs de chacune des technologies afin de guider le choix des exploitants.
Il formule ensuite des recommandations sur les précautions de mise en œuvre et les bonnes pratiques de suivi et de maintenance.

ADEME
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

www.ademe.fr